

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-169983

(43)Date of publication of application : 05.07.1989

(51)Int.Cl.

H01L 41/12  
G01L 3/10

(21)Application number : 62-328882

(71)Applicant : KUBOTA LTD

(22)Date of filing : 24.12.1987

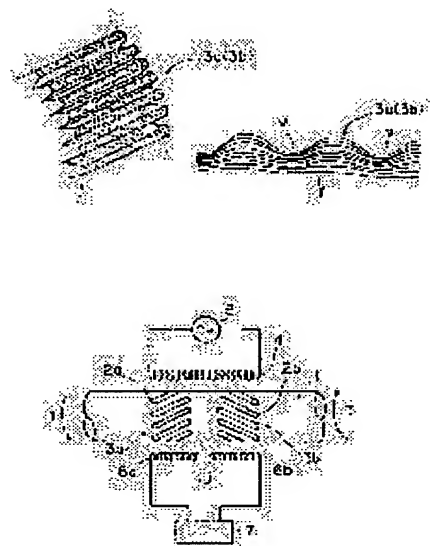
(72)Inventor : ISHINO YASUSHIRO  
SHIBATA YOSHIO

## (54) MAGNETOSTRICTION TYPE TORQUE SENSOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To reduce hysteresis in the detection of torque by forming a magnetostrictive section with a helical groove to a shaft and detecting torque applied to the shaft as the change of permeability generated in the magnetostrictive section, on the surface of which a compressive working cured layer is shaped.

CONSTITUTION: A helical groove at an inclination of 45° C in the circumferential direction and a helical groove at -45° C are formed at two positions in the circumferential surface of a shaft through knurling working, and shot peening is executed and a compressive working cured layer is shaped onto the surface. The diameter of the shaft is brought to 30mm and the ratio of the width (d) of the helical groove to groove space D to half or more. The grain size of a shot in shot peening is 0.3~0.6mm, shot speed 62m/sec and shot coverage 98%. An excitation circuit and a detector are arranged to the shaft, thus constituting a torque sensor. Hysteresis can be reduced extremely in the stress anisotropic magnetostriction type torque sensor, thus detecting torque with high accuracy.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

## ⑫ 公開特許公報(A) 平1-169983

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)7月5日

H 01 L 41/12

G 01 L 3/10

7342-5F

A-7409-2F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑭ 発明の名称 磁歪式トルクセンサ

⑮ 特 願 昭62-328882

⑯ 出 願 昭62(1987)12月24日

⑰ 発 明 者 石 野 連 信 郎 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 久保田鉄工株式会社技術開発研究所内

⑱ 発 明 者 柴 田 良 雄 兵庫県尼崎市浜1丁目1番1号 久保田鉄工株式会社技術開発研究所内

⑲ 出 願 人 久保田鉄工株式会社 大阪府大阪市浪速区敷津東1丁目2番47号

⑳ 代 理 人 弁理士 宮崎 新八郎

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

磁歪式トルクセンサ

## 2. 特許請求の範囲

(1) 回転軸に螺旋溝を有する磁歪部を形成しておき、該回転軸に印加されるトルクを磁歪部に生じる透磁率の変化として検出する応力異方性磁歪式トルクセンサにおいて、

前記磁歪部の表面に圧縮加工硬化層が形成されていることを特徴とする磁歪式トルクセンサ。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、回転軸の印加トルクを、その軸表面の螺旋溝を有する磁歪部の透磁率の変化として非接触的に検出する応力異方性磁歪式トルクセンサの改良に関する。

(従来の技術)

電動機、工作機械、自動車等における回転駆動系の回転軸に加わるトルクを検出するセンサとして、回転軸の適所に螺旋溝(所謂シェブロン形状

溝)を設けて磁歪部とし、回転軸にトルクが印加されることにより該磁歪部に生じる透磁率の変化を電氣量として検出するようにした応力異方性磁歪式トルクセンサが広く使用されている。

第3図にその例を示す。(2a)および(2b)は、回転軸(1)の周方向に略等間隔に形成されている螺旋溝である。一方の螺旋溝(2a)と他方の螺旋溝(2b)の円周方向に対する傾斜角度は相等しく、向きは逆である。

(4)は励磁巻線、(6a)(6b)は検出巻線であり、それぞれ回転軸(1)に回転対称に巻装されている。励磁巻線(4)は高周波電源(5)に励磁されて磁歪部(3a)(3b)に励磁界を印加する。検出巻線(6a)と(6b)は逆極性に接続されており、その端子に同期整流器(7)が接続されている。

上記トルクセンサにおいて、回転軸(1)にトルクが印加されていない状態では、螺旋溝(2a)(2b)を有する2つの磁歪部(3a)と(3b)の透磁率は相等しく、かつ検出巻線(6a)と(6b)とは逆極性に接続されているので、励磁巻線(4)との間の相互誘導

により検出巻線(6a)に生じる誘起電圧と、検出巻線(6b)に生じる誘起電圧とは互いに打ち消し合い、従って出力は現れない。回転軸(1)にトルク(T)が印加されると、2つの磁歪部(3a)と(3b)の一方には張力が、他方には圧縮力がそれぞれ選択的に作用することにより、一方の磁歪部の透磁率は増加し、他方の磁歪部のそれは減少する。この2つの磁歪部(3a)と(3b)の透磁率の差動的な変化により、検出巻線(6a)と(6b)の一方の誘起電圧は増加し、他方の検出巻線の誘起電圧は減少する。その差が同期整流器(7)により直流電圧として出力され、その出力値の大きさから印加トルクの大きさを、また出力値の正負の符号からトルクの印加方向を知ることができる。

(発明が解決しようとする問題点)

上記応力異方性磁歪式トルクセンサにおける回転軸の磁歪部の螺旋溝(2a)(2b)は切削加工やローレット加工等のナーリング加工により形成されるので、その表面にはごく微細ではあるが、多数のバリやヘアークラック等が存在しているのが一般

入される。そのショットピーニングは、鉄屑ショットや鋼屑ショット等の硬質微細粒子を、圧空または遠心力等を利用して磁歪部の表面に吹付けることにより行われる。

回転軸表面の切削、ローレット加工等のナーリング加工により形成された螺旋溝を有する磁歪部の表面にショットピーニングを適用することにより、その表面に残存している微細なバリやヘアークラック等が除去され、健全な表面状態に修復される。また、その磁歪部表面にはショットの衝突による微細な圧痕(凹部)が均一かつ緻密に形成されると共に、表層に加工硬化が導入され、硬質化し、かつ変形抵抗の増加をみる。第1図はその磁歪部の微細な圧痕による凹凸表面を模式的に示している。その均一緻密な微細圧痕が形成された表面層の断面は、第2図に示すように、繊維組織(f)(軸材の製造工程における圧延、鍛造等の過程で形成されたフィバフロー)が圧痕(v)により肉厚方向に圧縮緻密化していることが観察される。この組織の圧縮緻密化により、結晶粒界のすべり

である。磁歪式トルクセンサでは、一般に10 KHz程度の高周波で励磁されることが多く、その磁力線は軸の表皮層(約100  $\mu$ m程度)のみを流れる。このため、上記の微細な表面欠陥が、磁歪部の磁気特性を不均一なものとし、トルク検出感度のバラツキやトルク検出のヒステリシスを生じさせる原因となる。また、回転軸にトルクが印加されることにより軸の表皮層に誘導されるねじり応力が大きくなると、軸の表皮層の結晶粒界にすべりが生じる。この軸表皮層の結晶粒界のすべりは、トルク検出におけるヒステリシスを増大させる。

本発明は上記問題点を解決するための応力異方性磁歪式トルクセンサを提供するものである。

(問題点を解決するための手段および作用)

本発明の応力異方性磁歪式トルクセンサは、回転軸表面の螺旋溝が形成された磁歪部の表面に、圧縮加工硬化層が形成されていることを特徴としている。

本発明における回転軸の磁歪部の表面圧縮加工硬化層は、例えばショットピーニング法により導

抵抗が高められる。

上記ショットピーニングによる表面圧縮硬化加工条件は軸材の材質等にもよるが、ショット粒径:0.1~0.6 mm、ショット吹付け速度:60 m/秒以上、ショットカバレッジ(ショット粒子衝突面積率):70%以上の条件に行うことにより、良好なヒステリシス改善効果を達成することができる。

なお、回転軸の磁歪部の螺旋溝は、必ずしも回転軸そのものに形成する必要はなく、適宜の磁性材料からなるスリーブの周面に螺旋溝を形成し、これを受歪体として回転軸に嵌着固定してもよい。(実施例)

回転軸の周面の2個所に周方向に対する傾斜角45°の螺旋溝と-45°の螺旋溝をローレット加工により形成し、ついでショットピーニングを施して表面に圧縮加工硬化層を形成する。回転軸の軸径は30 mm、螺旋溝の溝幅(d)と溝間隔(D)の比(d/D)は1/2以上である。またショットピーニングにおけるショットの粒径は0.3~0.6 mm、ショット速度は62 m/秒、ショットカバレッジは

98%である。

上記回転軸に、第3図に示すように励磁回路と検出回路を配置してトルクセンサを構成した。これをトルクセンサAとする。

また、比較例として、回転軸の螺旋溝が形成された磁歪部表面に対するショットピーニングを省略した点を除いて前記と同一の条件および構成を有する従来のトルクセンサを得た。これをトルクセンサBとする。

上記トルクセンサAおよびBによるトルク検出試験を行った。それぞれのトルク検出におけるヒステリシスを第4図(トルクセンサA)および第5図(トルクセンサB)に示す。

上記第4図と第5図とから、各トルクセンサにおけるヒステリシス  $[(a_1 - a_2) / (A_1 - A_2)]$  を比較すると、従来型のトルクセンサBのそれは約10であるのに対し、発明例のトルクセンサAは約2%と著しく小さい。

(発明の効果)

本発明の応力異方性磁歪式トルクセンサは、ヒ

ステリシスを極めて小さくできるので、高精度のトルク検出が可能であり、回転駆動系の制御における高い信頼性を有するものである。

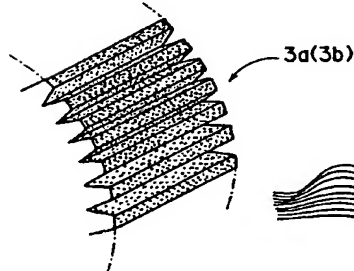
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明トルクセンサの回転軸の磁歪部表面状況を、第2図は磁歪部表面の断面をそれぞれ模式的に示す図、第3図はトルクセンサの原理図、第4図および第5図はトルク検出におけるヒステリシスを示す図である。

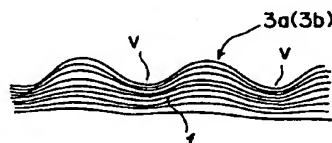
1: 回転軸、2a, 2b: 螺旋溝、3a, 3b: 磁歪部、4: 励磁巻線、5: 高周波電源、6a, 6b: 検出巻線、7: 同期整流器。

代理人 弁理士 宮崎新八郎

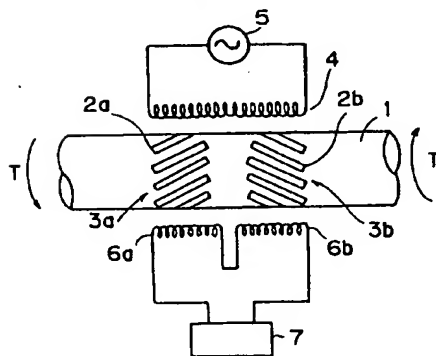
第1図



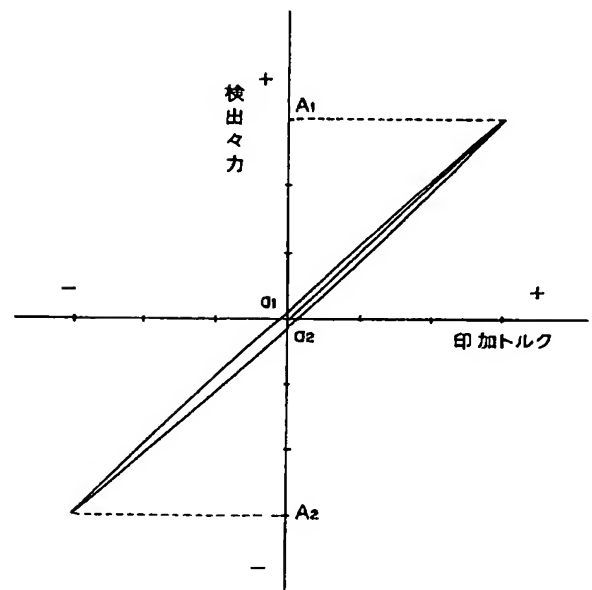
第2図



第3図



第4図



第 5 図

